

Analisis Kandungan Timbal (Pb) ,Cadmium (Cd) pada Air dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Tambak Kota dan Kabupaten Pekalongan

Benny Diah Madusari, Hadi Pranggono, Linayati,*

**Fak.Perikanan UNIKAL*

Abstrak

Salah satu masalah lingkungan wilayah pesisir Pekalongan yang akhir-akhir ini mendapat perhatian serius adalah pencemaran logam berat. Pencemaran logam berat akan merusak lingkungan perairan dalam hal stabilitas, keanekaragaman dan kedewasaan ekosistem. Penelitian dilakukan pada Tambak tambak di Kota Pekalongan, pada Bulan Oktober sampai Desember 2014. Analisis laboratorium dilakukan di laboratorium Biologi UNSOED Purwokerto. Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi jaring, termos es, penggarsis, kertas milimeter, kertas label, timbangan analitik, oven, tabung reaksi, corong pemisah, labu takar, pipet, Atomic Absorption Spectrofotometer (AAS). Bahan penelitian terdiri dari air tambak, ikan bandeng dan bahan kimia untuk keperluan analisis laboratorium. Hasil kisaran Pb dalam ikan bandeng yang di uji dari tambak kota Pekalongan antara 0.015 – 0.02 mg/Kg dan Cadmium pada 0.073 – 0.095 mg/Kg yang masih dibawah standar baku mutu maksimum cemaran logam berat menurut SNI 78 87 Tahun 2009. Kawasan perairan Kabupaten dan Kota Pekalongan telah mengalami penurunan kualitas air karena ditemukan kadar Pb dan Cd pada air tambak sebagai akibat pembuangan limbah batik dan kegiatan industri.

Kata kunci: *Tambak, bandeng, logam berat*

PENDAHULUAN

Salah satu masalah lingkungan wilayah pesisir Pekalongan yang akhir-akhir ini mendapat perhatian serius adalah pencemaran logam berat. Pencemaran logam berat akan merusak lingkungan perairan dalam hal stabilitas, keanekaragaman dan kedewasaan ekosistem. Berdasarkan aspek ekologis, kerusakan ekosistem perairan akibat pencemaran logam berat ditentukan oleh faktor kadar dan kesinambungan polutan yang masuk ke dalam perairan, sifat toksisitas, bioakumulasi dan persistensinya baik terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi. Pencemaran logam berat akan menyebabkan perubahan struktur komunitas perairan, jaring makanan, tingkah laku, efek fisiologi, genetik dan resistensi (Moriarty, 1987 dalam Rachmansyah et al., 1988).

Limbah industri batik di Kota Pekalongan terdiri dari limbah cair dan padat (KLH Kota Pekalongan, 2010). Limbah cair tersebut antara lain berasal dari zat warna cair yang digunakan untuk membatik dan pewarna tekstil. Menurut seluruh sungai yang ada di Kota Pekalongan tercemar akibat limbah pabrik dan sablon batik yang dibuang ke sungai. Kelima Sungai besar tersebut adalah Sungai Banger, Sungai

Pekalongan, Sungai Aseminatur, Sungai Brengi, dan Sungai Meduri. Di sebagian besar tercemar limbah batik yang melebihi ambang batas baku yang terbukti melebihi angka yang ditetapkan pemerintah.

Logam berat dapat didefinisikan sebagai unsur-unsur yang memiliki nomor atom 22-92. Efek logam berat mempunyai efek racun terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya. Pada Tahun 2004, kasus di Teluk Jakarta mencuat menyusul munculnya kasus merkuri yang berasal dari pembuangan limbah tambang emas dari PT Newmont Minahasa Raya yang dikenal dengan kasus Teluk Buyat, Sulawesi Utara dan masih banyak peristiwa yang terjadi. Menurut para peneliti seperti Clark (1992) dan Kennish (1997) dalam Supriharyono (2007), mengelompokkan logam berat menjadi dua yakni (1) logam berat yang esensial bagi metabolisme makhluk hidup misalnya kromium (Cr), Kobalt (Co), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Mangan (Mn), dan logam yang tidak banyak dibutuhkan makhluk hidup dan beracun seperti arsenik (As), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Merkuri (Hg), selenium (Se).

Pb atau timbal yang masuk ke perairan tambak pada akhirnya akan ditemukan pada ikan bandeng, sehingga jika ikan bandeng bila dikonsumsi oleh masyarakat akan terakumulasi dalam jaringan tubuh manusia (Philip, 1993 dalam Nuhman, 2003) karena dapat menyebabkan anemia, kerusakan sistem saraf, ginjal dan terganggunya sistem reproduksi, turunnya IQ. Demikian pula Logam Cd yang tidak berguna bagi tubuh serta mengganggu kesehatan apabila terakumulasi di dalamnya. Keracunan kadmium menyebabkan kerusakan pada ginjal, kerusakan sistem saraf dan retina tubulus (Darmono, 2001). Efek paparan logam berat kadmium dalam waktu lama akan memicu peningkatan ROS yang mengakibatkan kematian sel (Gzyl et al., 2009).

Ikan bandeng yang merupakan ikan yang dibudidayakan di tambak, sangat digemari oleh masyarakat. Ikan bandeng yang dipelihara di tambak dapat terpapar secara langsung maupun tidak langsung oleh logam berat seperti Cd maupun Pb. Pada budidaya ikan di tambak sangat dibutuhkan pencampuran air asin/laut dan air tawar agar diperoleh air payau untuk media budidaya ikan bandeng. Perolehan air tawar dalam budidaya di tambak sebagian besar berasal dari sungai-sungai yang melintas areal pertambakan. Padahal air sungai yang melintas merupakan media tempat membuang limbah dari produksi batik maupun tekstil yang menggunakan pewarna kimia yang mencemari sungai tersebut. Beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap

kehidupan ikan antara lain suhu, derajat keasaman, salinitas, oksigen terlarut dan lain sebagainya.

Tabel 1.1. Baku Mutu Kandungan Logam Berat Perairan Tambak

No.	Parameter	Batas Maksimum (mg/L)
1.	Tembaga	0.02
2.	Arsen	0,05
3.	Besi	0.3
4.	Flourida	0.5
5.	Kadmium	0.01
6.	Klorida	600
7.	Seng	0,05
8.	Timbal	0.03

Sumber : PPRI No 82 Tahun 2001

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat Pb dan Cd dalam tubuh ikan bandeng dan air tambak di kota maupun kabupaten Pekalongan.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian di lakukan pada Tambak tambak di Kota Pekalongan, pada Bulan Oktober sampai Desember 2014. Analisis laboratprium dilakukan di laboratorium Biologi UNSOED Purwokerto.

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi jaring, termos es, penggaris , kertas milimeter, kertas label, timbangan analitik, oven, tabung reaksi , corong pemisah, labu takar, pipet, *Automatic Absorbation Spectrofotometer*(AAS). Bahan penelitian terdiri dari air tambak, ikan bandeng dan bahan kimia untuk keperluan analisis laboratorium.

Pengambilan sample air dan ikan bandeng secara acak di tambak yang paling dekat lokasi dengan sungai dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Sample air dan ikan selanjutnya dianalisa di Laboratorium Biologi UNSOED.

Analisis kualitas air sebagai data dukung yang meliputi: suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut . Penelitian ini bersifat observasional analitik, menggunakan analisa komparatif. Pengambilan data di lapangan dilakukan secara cross sectional, yaitu pengamatan dilakukan secara langsung terhadap objek yang diteliti (Kountur, 2003).

Sample ikan bandeng dan air adalah di tiga stasiun penelitian. Selanjutnya data yang terkumpul akan dianalisis secara deskriptif, sehingga dari hasil penelitian akan diketahui kadar Cd dan kadar Pb pada air dan ikan bandeng pada stasiun penelitian yang sudah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Timbal (Pb) adalah logam berat non esensial yang berbahaya bagi lingkungan dan juga manusia. Timbal digunakan sebagai bahan tambahan pada bensin dan hasil pembakarannya. Hal ini menyebabkan Pb banyak terkandung dalam asap knalpot dan menjadikan penyebab polusi udara. Berdasarkan hasil analisa pada sampel uji kandungan Pb rata-rata adalah 0.02 mg/kg untuk lokasi Depok. Hasil ini menunjukkan bahwa sampel ikan tersebut telah tercemar oleh Pb namun masih dibawah ambang batas kandungan logam berat untuk makanan berdasarkan SNI 7387 (2009) yaitu 0.3 mg/Kg. Untuk asupan Pb setiap hari menurut standar WHO adalah 0.2-0.3 mg/day. Dengan asumsi bahwa setiap orang mengkonsumsi 250 gram per hari maka nilai Pb yang masuk ke dalam tubuh sekitar 0,005 mg/day. Berdasarkan data ini ikan uji yang berasal dari ketiga lokasi masih layak untuk dikonsumsi. Sampel ikan dari Api Api menunjukkan kandungan Pb 0.017 mg/Kg dan Slamaran sebesar 0.015 mg/Kg. Kedua nilai tersebut masih berada jauh di bawah nilai standar baku mutu SNI 7387 Tahun 2009.

Kandungan logam berat yang ditemukan dalam ikan bandeng kemungkinan berasal dari air dalam tambak. Nuhman (2003) menyebutkan sungai yang bermuara di pantai yang telah tercemar limbah industri akan masuk ke dalam petakan tambak bersamaan pasang surut air laut maupun pemompaan. Kondisi perairan baik sungai maupun laut di kota pekalongan memang sudah banyak tercemar logam berat akibat kegiatan industri batik maupun kegiatan perikanan tangkap.

Tabel 1. Hasil Analisa Kandungan Pb dan Cd dalam sampel

Daerah	Kandungan Cd (mg/Kg)	Standard SNI 7378 / WHO	Kandungan Pb (mg/Kg)	Standar SNI 7378 /WHO
Depok	0.095 ± 0.007	0.3 mg /Kg	0.02 ± 0.0034	0.1 mg/Kg
		0.2-0.3 mg/day (WHO)		0.2-0.3 mg/day (WHO)
Api Api	0.085 ± 0.044		0.017 ± 0.00093	
Slamaran	0.074 ± 0.054		0.0154 ± 0.0011	

Kandungan Pb terbesar berasal dari sampel yang diambil di lokasi daerah depok. Daerah depok di aliri oleh sungai sragi dan sungai kali kangkung yang kemungkinan telah tercemar oleh limbah industri batik atau lainnya. Menurut laporan Badan Lingkungan Hidup tahun 2010 menunjukkan bahwa Sungai di pekalongan telah banyak tercemar oleh limbah cair dari industri (Anandiyo dan Indah, 2013). Menurut Ulfen (1995) timbal dapat masuk ke dalam air karena kontak langsung dengan udara, tanah yang tercemar timbal maupun adanya, limbah pabrik dan juga korosi pipa. Logam timbal memiliki berat jenis yang lebih tinggi dari air sehingga mengendap ke dalam sedimen. Sedimen ini bias berada di sungai ataupun kolam tambak sebagai media budidaya ikan bandeng.

Logam berat yang masuk kedalam tubuh ikan bandeng berkaitan dengan sifat biologis ikan bandeng yang merupakan hewan yang pemakan klekap yaitu sistem biological complex yang merupakan gabungan antara berbagai jenis bakteri, alga hijau biru, diatomae serta berbagai jenis hewan seperti cacing, enteromostira, udang kecil serta jenis mollusca dan tumbuhan. Logam berat sangat mudah diserap oleh fitoplankton yang merupakan tahapan awal dalam rantai makanan sehingga nantinya akan tersebar melalui rantai makanan tersebut ke dalam tubuh organism lainnya (Fauziah, 1993). Ikan Bandeng mengabsorbsi timbal dari lingkungan air dan juga fitoplankton, zooplankton serta tumbuhan renik yang didalamnya telah tercemar logam berat ini. Timbal tersebut terikat oleh protein (Ligand protein) dalam jaringan tubuh sehingga secara perlahan akan terakumulasi dan meningkat konsentrasinya dalam tubuh.

Kandungan Cd dalam Ikan Bandeng

Berdasarkan hasil analisa pada sampel terlihat kandungan Cd tertinggi terdapat pada ikan bandeng yang berasal di daerah Depok. Hal ini menunjukkan indikasi yang sama dengan kandungan timbal. Kandungan logam berat pada ikan di depok berkaitan dengan konsentrasi Cd dan Pb pada air tambak yang menunjukkan hasil paling tinggi berasal dari daerah depok. Darmono (1995) menjelaskan bahwa pada logam logam non essensial (termasuk Pb dan Cd) kandungan dalam jaringan akan terus meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi logam dalam perairan di lingkungan.

Kandungan Cd pada ikan bandeng dari daerah depok sebesar 0.095 mg/Kg masih tergolong aman karena berada di bawah ambang batas baku mutu menurut SNI 7387 (2009) sebesar 0.1 mg/Kg. Dengan asumsi yang sama apabila manusia mengkonsumsi 250 gram ikan maka konsentrasi logam berat yang masuk ke tubuh

adalah 0.023 mg/day. Menurut ketentuan WHO batas asupan makanan yang mengandung logam berat Cd adalah 0.05-0.15 mg/day. Konsumsi yang melebihi batas akan menimbulkan kerusakan organ dalam. Paparan 30-50 µg Cd per hari untuk orang dewasa atau 0.43-0.57 µg/kg/day atau 0,00043-0,00057 mg/kg/hari telah dihubungkan adanya risiko patah tulang, kanker, kelainan fungsi ginjal, dan hipertensi yang meningkat (Satarug et al., 2000).

Kandungan cadmium dalam sampel yang berasal dari kedua daerah lainnya juga masih dibawah ambang batas yaitu 0.085 mg/Kg untuk Api Api dan nilai terendah sebesar 0.073 mg/Kg untuk daerah Slamaran. Kandungan Cd yang rendah pada ikan bandeng dari slamaran berkaitan dengan kandungan Cd pada air kolam tambak slamaran yang juga nilainya paling kecil dibandingkan dengan daerah lainnya.

Mekanisme logam berat masuk ke tubuh ikan melalui tiga tahapan atau proses 1) melalui pernafasan atau insang yang menyerap logam berat. 2) melalui makanan yang diserap oleh saluran pencernaan dan yang 3) Penyerapan air ke dalam permukaan tubuh. Peredaran zat toksik atau logam berat ke dalam tubuh akan menyebabkan kerusakan permeabilitas membran sehingga mengganggu proses pembentukan ATP yang dilanjutkan dengan terganggunya sistem perpindahan ion dalam tubuh (Connel and Miller, 1995). Perairan yang tercemar logam berat akan mempengaruhi biota yang hidup didalamnya termasuk ikan. Akumulasi dalam tubuh makhluk hidup ini dapat terjadi karena logam berat yang sudah masuk ke dalam tubuh makhluk hidup cenderung akan membentuk ikatan kimia berupa senyawa kompleks dengan zat organik yang terdapat dalam tubuh. Hal ini berakibat logam tidak terfiksasi maupun tereksresi keluar dari tubuh dan mengendap didalam.

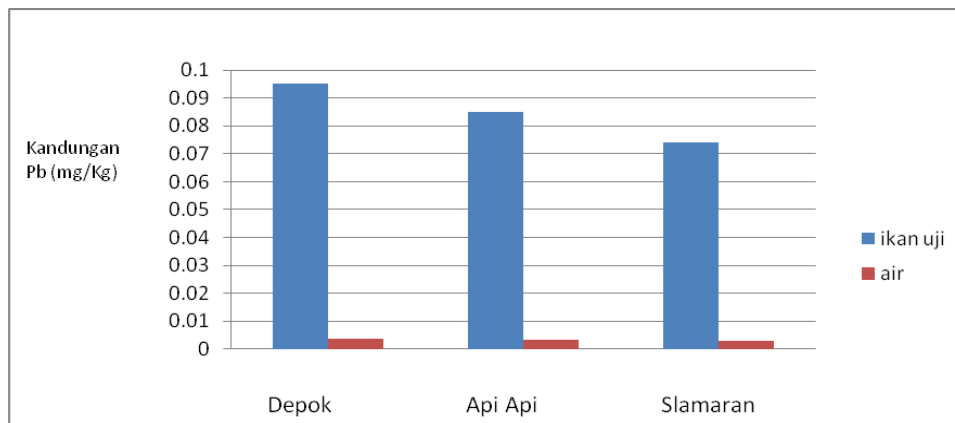
Tabel 2. Data Kandungan Logam berat Pb dan Cd pada air tambak

Daerah	Cd (µg/l)	Pb(µg/l)
Depok	3.84	0.8
ApiApi	3.51	0.8
Slamaran	3.71	0.79

Kandungan Pb dan Cd dalam air.

Hasil analisa kandungan Cd dalam air tambak daerah api api sekitar 0.0035 mg/l dan slamaran 0.0031 mg/l. Air tambak di daerah depok mengandung Cadmium sebesar

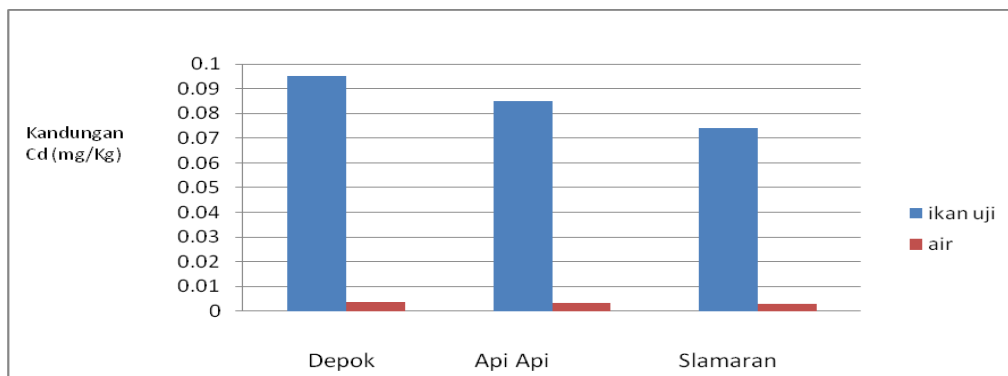
0.0038 mg/l atau yang paling tinggi dibanding dua daerah lainnya. Ketiga hasil analisa tersebut masih dibawah standar kualitas air yang dikeluarkan PPRI No. 82 Tahun 2001 sebesar 0.01 mg/l. Sumber logam cadmium bisa berasal dari polusi udara, keramik berglazur, asap rokok, air sumur yang sudah tercemar , fungisida, pupuk serta cat. Kandungan Cd dalam badan perairan dapat berasal dari endapan, atmosfer, debu, air prosesing limbah dan limbah cair industri (Widowati et al, 2008). Limbah cair insutri di daerah pekalongan banyak di dominasi oleh limbah pabrik batik. Kadmiunadalahlogamnon essential yang banyak ditemukan dalam buangan hasil celupan pada industri batik. Pekalongan yang merupakan sentra industri batik masyarakatnya memiliki kontribusi besar dalam pencemaran Cd yang ditemukan di sungai. Industri batik skala rumah tangga langsung membuang air celupan batik ke sungai tanpa melewati instalasi pengolahan limbah terlebih dahulu. Menurut Mahida (1984), senyawa logam berat yang bersifat toksis yang terdapat pada buangan industri batik, diduga adalah krom (Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni),tembaga (Cu), mangan (Mn), dan kadmium (Cd).



Gambar 1. Hubungan antara Kandungan Logam berat Pb dalam air dengan kandungan Pb dalam Ikan

Kandungan timbal (Pb) di air tambak daerah depok, slamaran dan api api hampir sama yaitu sebesar 0.0008 mg/liter masih berada dalam kisaran dibawah ambang batas berdasarkan PPRI No 82 Tahun 2001 baku mutu kandungan timbal yaitu 0.03 mg/l. Timbal masuk ke dalam badan air dengan cara ilmiah yaitu terjadinya kristal di udara dengan adanya ikatan dengan air hujan dan proses korofikasi yang berasal dari batuan mineral akibat hempasan gelombang (Petrus dan Rachmansyah,2002). Selain itu adanya Pb dalam perairan dapat terjadi karena aktivitas manusia seperti pencemaran limbah

industri maupun limbah rumah tangga. Kegiatan industri di daerah pekalongan yang terus meningkat memberikan kontribusi terhadap pencemaran baik udara maupun perairan. Sesuai dengan penjelasan Insuwiasri (1997) bahwa kegiatan industri, pertanian dan juga transportasi yang mengandung logam berat, dapat menyebabkan pencemaran pada perairan sungai maupun laut dan bioakumulasi dalam rantai makanan yang berada dalam perairan seperti ikan dan kerang. Timbal selain ada dalam zat pembakar juga merupakan zat tambahan pada cat kapal sehingga dapat menyebabkan pencemaran di laut. Pada air laut yang mengalami surut maka bahan pencemar yang berada di tengah laut akan turun ke tepi tepi pantai (Supriyono et al, 2008). Desa api api dan depok yang beradadi pesisir pantai memungkinkan sumber air untuk kolam tambak ikan bandeng telah tercemar logam berat Pb.



Gambar 2. Hubungan Kandungan Logam berat Cd dengan kandungan Cd pada ikan

Analisa Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur pada ketiga daerah tersebut meliputi yaitu pH, salinitas, DO dan suhu. Derajat keasaman satu perairan memiliki keterkaitan dengan kandungan Pb. Menurut Darmono (1995) bahwa perairan yang mengandung logam berat akan bersifat lebih asam dibandingkan yang bebas logam berat. Perubahan derajat keasaman pada satu perairan akan mempengaruhi kelarutan Pb dalam air tersebut (Palar, 1994). Berdasarkan nilai analisa kualitas air di ketiga daerah tersebut maka daerah depok menunjukan pH paling asam yaitu 6.8. Hal ini sesuai dengan kandungan logam berat Pb di daerah depok yang juga menunjukan hasil tertinggi. Daerah lain nilai pH yaitu 7.3 dan 7.5, yang masih sesuai dalam ambang batas bila dibandingkan baku mutu (7,5 - 8,5).

Daerah	DO	Suhu	Salinitas	pH
Depok	4.58	28	25	6.8
Api Api	5.2	30	20	7.4
Slambaran	5.6	28.5	20	7.5

Kandungan DO (Disolved oxygen) yang ada di air tambak berkisar antara 4.5 hingga 5.6 yang berarti masih memenuhi standar untuk kebutuhan hidup hewan akuatik. Menurut PPRI tahun 1982 bahwa standar untuk oksigen terlarut dalam perairan adalah 4 ppm. Oksigen sangat diperlukan untuk aktivitas biota seperti berenang, pertumbuhan juga reproduksi (Richard et al., 2013). Kekurangan oksigen akan mempengaruhi aktivitas biota termasuk pertumbuhannya. Selanjutnya Hardjowigeno dan Widiatmaka (2001), menjelaskan kadar oksigen terlarut sebesar >3 mg/L sudah cukup baik untuk kegiatan budidaya ikan bandeng.

Suhu pada air tambak masih dalam kisaran yang sesuai untuk pemeliharaan ikan bandeng yaitu 28 -30 C. Sedangkan menurut Effendi (2003) kisaran suhu yang baik untuk organisme antara 18-30 C. Suhu sangat mempengaruhi aktivitas metabolisme dalam tubuh ikan. Suhu yang tinggi dapat dipicu karena adanya kegiatan industri di sekitar lokasi tambak. Proses pada kegiatan industri prosesnya akan menimbulkan reaksi panas (Richard *et al*, 2013)

Salinitas air tambak di daerah kota dan kabupaten pekalongan berada dalam kisaran standar yaitu antara 20-25 %. Nilai salinitas 20 % ini cukup memenuhi syarat untuk budidaya ikan bandeng (Syahid *et al*, 2006). Salinitas dapat mempengaruhi bioakumulasi logam berat dalam perairan. Perairan dengan salinitas rendah kandungan logam bertanya juga tinggi, sebaliknya pada salinitas yang tinggi konsentrasi logam berat berkurang (Suryono, 2006). Hal ini disebabkan partikel organik dalam perairan akan menggumpal dan mempercepat pengendapan logam berat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan :

1. Hasil kisaran Pb dalam ikan bandeng yang di uji dari tambak kota Pekalongan antara 0.015 – 0.02 mg/Kg dan Cadmium pada 0.073 – 0.095 mg/Kg yang masih dibawah standar baku mutu maksimum cemaran logam berat menurut SNI 78 87 Tahun 2009

2. Kawasan perairan Kabupaten dan Kota Pekalongan telah mengalami penurunan kualitas air karena ditemukan kadar Pb dan Cd pada air tambak sebagai akibat pembuangan limbah batik dan kegiatan industri.
3. Terdapat keterkaitan antara kandungan logam di air tambak dengan kandungan logam berat pada tubuh ikan Bandeng dimana semakin tinggi kandungan logam berat di perairan semakin tinggi kandungan logam dalam tubuh ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anandriyo Suryo, M and Susilowati, Indah .2013. Menuju Pengelolaan Sungai Bersih Di Kawasan Industri batik yang Padat Limbah cair. Fakultas Ekonomi dan bisnis. Undip.
- Cornell, D. W. Gregory, J. Miller. Koestoer, Yanti (Editor). 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Darmono, 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Penerbit UI- Press, Jakarta.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungan dengan toksikologi Senyawa Logam. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta
- Fauziah. 1993 . Efektivitas Penyerapan Logam Kromium (Cr VI) dan Kadmium (Cd) oleh *Scenedesmus dimorphus*. S. Fakultas sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta
- Gzy, J., Rymer, K., & Gwozdz, E.A. 2009. Differential Response of Antioxidant Enzymes to Cadmium Stress in Tolerant and Sensitive Cell Line of Cucumber (*Cucumis sativus* L). *Acta Biochemica Polonica*, Vol. 56, pp. 723-727
- Hardjowigeno, S. dan Widiatmoko. 2007. Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hindarko, S., 2003, Mengolah Air Limbah Supaya Tidak Mencemari Orang Lain, Jakarta : Penerbit Esha
- Inwiasri Suprijanto dan Agustina Lubis. 1997. Kandungan Logam Berat Dalam Sumber Air Minum Di DKI Jakarta. *Bulletin Penelitian Kesehatan*. 16 (2). Hal 20-26
- Kontour, R. 2003. Metode Penelitian untuk skripsi dan Tesis. Jakarta. Penerbit PPM Lingkungan, Andi Offset, Yogyakarta
- Mahida, U.N. 1984. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah. Rajawali. Jakarta
- Meyer, Pamela A.; McGeehin, Michael A.; and Falk, Henry (2003) A global approach to childhood lead poisoning prevention, *International Journal Hygiene*

Environmental Health 206, 363-369, August 2003,
www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12971691

- Nuhman. 2003. Kandungan Kadmium pada Udang Windu (*Penaeus monodon*) Hasil Budidayasecara Intensif dan Tradisional. Majalah Ilmiah Kelautan: Neptunus Universitas Hang Tua. Surabaya. Vol. 1 No. 1
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta.
- Racmansyah, P.R, Dalfiah, Pongmasak dan T, Ahmad. 1998. Uji toksisitas logam berat terhadap benur udang windu dan nener bandeng. Jurnal Perikanan Indonesia.
- Richard Maniagasi, Sipriana S. Tumembouw, Yoppy Mundeng, 2013. Analisis kualitas fisikakimia air di areal budidaya ikan Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara. Budidaya Perairan Mei 2013 Vol. 1 No. 2: 29-37
- Satarug S, Baker JR, Reilly PEB, Esumi H, Moore MR. 2000. Evidence for a synergistic interaction between cadmium and endotoxin toxicity and for nitric oxide and cadmium displacement of metals in the kidney. Nitric Oxide. 4:431–440. [PubMed]
- Supriharyono. 2007. Konservasi Ekosistem Sumberdaya hayati. Yogyakarta. Penerbit Pusataka Pelajar.
- Supriyono, A, Ety susilowati, and Suci Dwi Suryani 2008. Analisa kadar logam timbal dan seng di pantai slamaran pekalongan secara spektrofotometer Serapan Atom. Media Farmasi Indonesia Vol 3 No 1.
- Suryono, C. A. 2006. Bioakumulasi Logam Berat melalui Sistem Jaringan Makanan dan Lingkungan pada Kerang Bulu Anadara inflata. Ilmu Kelautan. 9 (1) : 1-9
- Syahid M, A Subhan, dan R Armando. 2006. Budidaya Bandeng Organik secara Polikultur. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Turkdogan, M.K., F. Kilicel, K. Kara, I. Tuncer and I. Uygan. 2003. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. J. of Environmental Toxicology and Pharmacology. Vol 13 (3): 175-179.
- Ulfin, S. 1995. Potensi Penyerapan Batang Enceng Gondok (*Eichornia crassipes* Mart) Terhadap logam Cu dan Pb. Laporan Penelitian yang tidak dipublikasikan.
- Widowati, W., Astiana S. dan Raymond J.R., 2008, Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Penerbit ANDI, Yogyakarta.